

PROJET BANQUE MONDIALE

**POSSIBILITÉS D'UTILISATION DES PHOSPHATES NATURELS COMME
INVESTISSEMENT POUR AMÉLIORER LA FERTILITÉ DES SOLS : ETUDE DE
CAS AU BURKINA FASO, MADAGASCAR ET ZIMBABWE**

RAPPORT COMPLEMENTAIRE PAR

**TRUONG Binh
CIRAD-CA
B.P. 5035
34032 MONTPELLIER CEDEX
FRANCE**

**FAYARD Christian
TECHNIFERT S.A.
B.P. 61
35416 SAINT MALO CEDEX
FRANCE**

Février 1996

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION

2. BURKINA FASO

2.1. Ressources en phosphate naturel

2.2. Efficacité agronomique

2.3. Proposition d'utilisation

3. MADAGASCAR

3.1. Ressources en phosphate naturel

3.2. Projet d'exploitation d'Andrano

3.3. Efficacité agronomique

4. ZIMBABWE

4.1. Ressources en phosphate naturel

4.2. Efficacité agronomique

4.3. Proposition d'utilisation

5. CONCLUSION

Résumé

AVANT-PROPOS

Nous avons participé, avec l'ICRAF, l'IFDC et NORAGRIC, à la rédaction du rapport de synthèse du projet PRI (Phosphate Rock Initiative), demandé par la Banque Mondiale, où nous avons essayé de respecter, dans la mesure du possible, les termes de référence fixés.

Ce rapport complémentaire n'a pas l'ambition de couvrir tous les domaines, mais d'apporter des éléments plus concrets, constatés sur place, sur l'exploitabilité des gisements de phosphates concernés, et les conditions de leur efficacité agronomique. En effet, il nous semble important de vérifier d'abord la faisabilité technique et économique de ces deux chaînons de la filière, avant d'extrapoler sur les effets induits qui sont difficiles à cerner par manque de preuves directes et concordantes.

Les opinions exprimées dans ce rapport n'engagent que les deux auteurs, et pas forcément l'ensemble de l'équipe du Projet.

1. INTRODUCTION

Les problèmes de fertilité des sols dans les pays d'Afrique au Sud du Sahara, sont préoccupants du fait de la conjonction, d'une part des facteurs de dégradation des sols, érosion, perte de fertilité, et d'autre part de l'insuffisance de restitution des éléments fertilisants, ce qui entraîne une "exploitation minière" des terres et une baisse de productivité dans le temps. Les apports de fertilisants généralement retenus sont de 224 unités par hectare cultivé en Europe, 169 en Asie et 10 en Afrique sub-saharienne.

De nombreux projets de restauration de la fertilité des sols ont été entrepris ces dernières décennies, par des campagnes de démonstration de l'intérêt des engrais minéraux, des amendements organiques et calco-magnésiens par des dons d'engrais mais les résultats sont très variables selon les pays, les régions, les cultures, et dans l'ensemble, la consommation reste dramatiquement basse.

L'idée d'utiliser des phosphates naturels, présents dans de nombreux pays, constitue un atout supplémentaire. Ils apportent du phosphore, élément souvent carencé dans ces sols, du calcium en proportion plus importante, parfois du magnésium et du soufre, selon l'origine des gisements. Leur efficacité agronomique dépend de trois groupes de facteurs :

- . caractéristiques des phosphates : type de formation, minéralogie, cristallographie, surface spécifique, solubilité....
- . conditions du milieu : acidité des sols, régime hydrique, complexe absorbant, pour faciliter la solubilisation,
- . systèmes de cultures : longueur des cycles, développement et exudation des racines, pour mieux absorber les éléments.

D'autre part l'exploitation des gisements requiert des techniques appropriées et des capitaux importants. Ainsi entre l'idée de valoriser les phosphates locaux et les produits proposables aux utilisateurs, il y a de nombreuses étapes dont il convient d'évaluer soigneusement la faisabilité pour éviter des espoirs inconsidérés.

A posteriori les trois pays retenus : BURKINA FASO, MADAGASCAR, ZIMBABWE, constituent des cas d'étude intéressants par la variabilité de situations : qualité des phosphates naturels, niveau d'exploitation minière et d'industrialisation, caractéristiques des zones d'utilisation, et résultats agronomiques obtenus en effets directs et résiduel.

2. BURKINA FASO

La consommation d'engrais en 1994 a été de 41.000 T soit 19.300 T d'unités fertilisantes, pour 3.433.000 ha de surface cultivée, soit **5,6 U.F./ha**, nettement en dessous de la moyenne en Afrique.

Pour la même année l'exportation des cultures a été de 204.944 T d'U.F., le taux de restitution était donc **de 9,3 %**. Ces deux chiffres montrent l'ampleur des besoins et l'urgence de trouver une solution, même imparfaite, pour atténuer l'appauvrissement des terres.

2.1. Ressources en phosphate naturel

Le Burkina possède plusieurs gisements à l'Est du pays, totalisant 200 millions de tonnes de réserve, mais celui de Kodjari est le plus intéressant pour la facilité d'accès et la richesse des minerais, on peut compter sur **12 millions de T à 27 % de P_2O_5** facilement exploitable et sans enrichissement, ce qui représente 325 ans de la consommation actuelle.

Le gisement se présente sous forme de deux collines, permettant une extraction mécanique à ciel ouvert et un chargement direct sur les camions. Le minerai est ensuite transporté à Diapaga (43 km) pour broyage et ensachage. La piste de Kodjari-Diapaga a été consolidée récemment pour permettre l'utilisation toute l'année.

Ce projet a été initié par la coopération Allemande en 1978, avec une capacité de 3.000 T/an, mais la production moyenne depuis 18 ans a été de l'ordre de 700 T/an, parce que le marché ne suivait pas.

Ce laps de temps a permis aussi de constater que sur le site, la végétation naturelle a repris le dessus en 2 ou 3 ans et le paysage reconstitué comme aux alentours.

A cause des charges fixes importantes, le prix du phosphate proposé varie avec les niveaux de production et les lieux de livraison. Les tableaux 1 et 2 illustrent les situations en 1993 et 94, pour intégrer aussi les effets de la dévaluation du F CFA.

TAB. 1 PHOSPHATE DE KODJARI : COUTS D'EXTRACTION, TRANSPORT ET BROyage EN 1993 ET 1994 EN FCFA

NATURE DES DEPENSES	1993	1994
Durée de la campagne	17.02 au 16.07 - 124 jours ouvrables	8.02 au 22.07 - 138 jours ouvrables
Extraction : personnel + carburant + maintenance matériel	255 F/T (estimation sur stock)	159 F/T pour 5.000 T extraits
Réfection de la piste : 42,5 km	600.515 F	1.125.901 F
Transport du minerai	1.085 T en 83 voyages 996 F/T ou 29,4 F/T/km	2.390 T en 190 voyages 2.811 F/T ou 66,1 F/T/km
Coût du minerai à DIAPAGA	1.804 F/T	3.441 F/T
Broyage : personnel + carburant + maintenance matériel	1.026 T de produit broyé 11.320 F/T	2.207 T de produit broyé 10.996 F/T
Emballage : sac + fil	5.862 F/T	9.143 F/T
Coût du phosphate ensaché à DIAPAGA	18.986 F/T	23.580 F/T
Prix des fournitures à DIAPAGA :		
Gasoil	261 F/l	366 F/l (+ 40 %)
Sac	291 F	434 F (+ 49 %)
Fil	4.508 F/cône	7.595 F/cône (+ 68 %)

TAB. 2

PHOSPHATE DE KODJARI
COUT DE PRODUCTION EN 1993 et 1994 EN FCFA

NATURE DES DEPENSES	1993	1994
Matières et fournitures consommées (carburants, électricités, sacs...)	17.741.032	49.944.999
Autres services (PTT, chargement...)	4.035.004	8.228.504
Charges et pertes diverses	733.381	738.925
Frais de personnel	8.629.188	12.790.999
Taxes (TVA)	771.320	3.404.195
Intérêts bancaires	75.114	246.610
Amortissements et provisions	3.093.3112	4.635.625
TOTAL	35.078.151	79.989.861
PRODUCTION	1.026 T	2207/T
Prix de revient à DIAPAGA	34.189 F/T	36.243 F/T
OUAGADOUGOU (35 F/T/km x 420 km)	48.889 F/T	50.943 F/T
BOBO (35 F/T/km x 780 km)	61.489 F/T	63.543 F/T
Prix moyen sur les 3 sites	48.189 F/T	50.243 F/T
Prix de vente uniforme	26.000 F/T	40.000 F/T

La région de Bobodioulasso représente 90 % de la consommation d'engrais du pays, la comparaison de prix devrait s'effectuer dans cette zone :

Phosphate naturel de Kodjari : 127 \$ US/T soit **0,47 \$/P₂O₅**
 TSP importé : 380 \$/T soit **0,84 \$/P₂O₅**

Le prix de l'unité P₂O₅ du phosphate local représente **55 %** de celui du TSP importé, la différence est appréciable, mais les deux produits n'ont pas la même solubilité et par conséquent pas la même efficacité agronomique immédiate, nous allons voir avec les résultats d'essais.

2.2. Efficacité agronomique du phosphate de Kodjari

Le phosphate de Kodjari, de type sédimentaire ancien, compacté, n'est pas très réactif, seulement 48 % de son P₂O₅ total est soluble dans l'acide formique. La norme européenne exige un minimum de 55 % pour être considéré comme un engrais. Cependant, quand il est apporté dans un contexte favorable (acidité du sol, humidité suffisante), il peut libérer progressivement son P₂O₅.

Le Burkina a été l'un des pays les plus persévérants dans la valorisation de ses ressources locales, depuis 1975, de nombreux essais ont été réalisés, en particulier dans le cadre des projets Voltaphosphate, Burkinaphosphate, Engrais vivriers... nous disposons de plus de 500 résultats, répartis sur l'ensemble des zones pédoclimatiques (figure 1) et des principales cultures : mil, sorgho, maïs, coton, arachide, riz. L'équivalence agronomique par rapport au TSP est obtenue par la formule : $\frac{BP - \text{Témoïn}}{TSP - \text{Témoïn}} \times 100$

- En effet direct, résultat dans l'année d'apport, elle est de **48 % pour l'ensemble du pays**, 36 % dans le nord et 60 % dans le sud.

- En effet résiduel, résultat cumulé sur 4 ans, elle est **équivalente au TSP**.

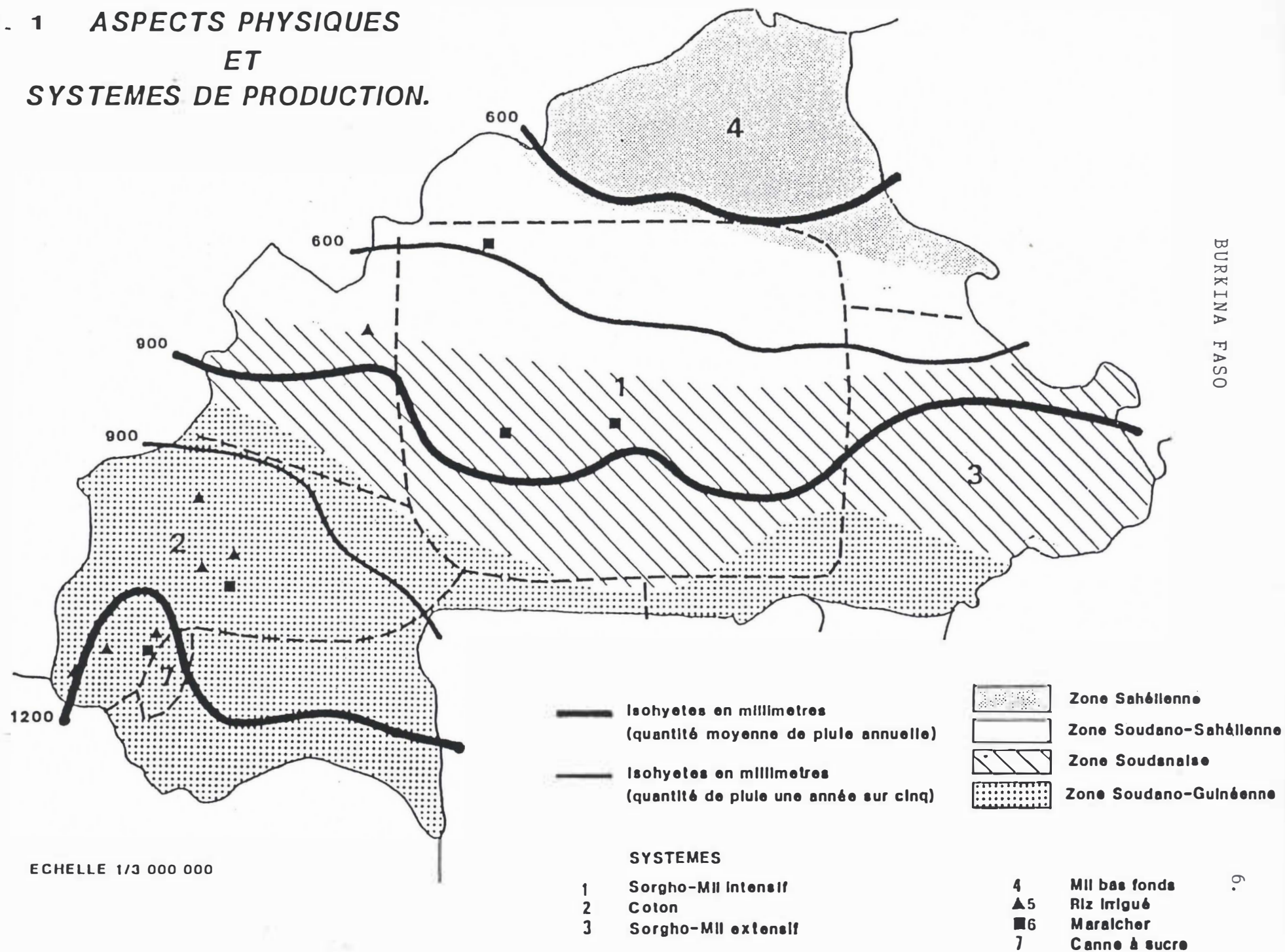
Une analyse des coûts et bénéfices (tableaux 3 et 4) montre que l'utilisation des engrais n'est pas très rentable sur les cultures vivrières, mais que l'utilisation du phosphate naturel présente souvent plus d'intérêt que le phosphate soluble importé.

2.3. Proposition d'utilisation

Compte tenu des caractéristiques du phosphate de Kodjari, des conditions pédoclimatiques du pays, et des prix des produits vivriers, le phosphate brut ne pourra pas être rentable sur le plan commercial, l'échec des projets de vulgarisation à grande échelle le prouve. On pourrait cependant envisager son utilisation dans deux perspectives :

. Comme un investissement à long terme, bilan sur 4 ans, et les résultats antérieurs ont montré son efficacité agronomique et son intérêt économique. Il pourrait être proposé dans le nord du pays (Sahel) pour augmenter la biomasse des végétations naturelles et garder l'agrégation des sols, dans le centre du pays (Plateau Mossi) pour régénérer les sols surexploités et raccourcir les

**FIG. 1 ASPECTS PHYSIQUES
ET
SYSTEMES DE PRODUCTION.**



TAB. 3

BURKINA FASO : ANALYSE DES COUTS ET BENEFICES DE L'UTILISATION DES ENGRAIS SUR CEREALES

Prix référence 1994 avec subvention Kodjari PR : 40 FCFA/kg NPK complexe : 95 F/kg Mil : 50 F/kg Sorgho : 40 F/kg Maïs : 35 F/kg	NPK importé Apport annuel Essai 3 ans : 1989 - 91			Kodjari PR Apport annuel Essai 4 ans : 1976 - 80		
	Mil	Sorgho	Maïs	Mil	Sorgho	Maïs
Apport d'engrais, kg/ha	100	100	150	100	100	100
Augmentation rendement, kg/ha/an	326	447	953	104	89	629
Total des augm. rend., kg/ha	978	1 341	2 859	416	356	2 516
Rendement/kg d'engrais, kg	3.26	4.47	6.35	1.04	0.89	6.29
Rendement/kg d'unité fertilisante, kg	6.72	7.32	12.70	4.52	3.86	27.34
Coût total FCFA	28 500	28 500	42 750	16 000	16 000	16 000
Bénéfice total FCFA	48 900	53 640	100 065	20 800	14 240	88 060
Rapport bénéfice/coût	1.71	1.88	2.34	1.30	0.89	5.50
Prix référence 1995 après dévaluation du FCFA et sans subvention						
Coût total	62 400	62 400	93 600	20 000	20 000	20 000
Bénéfice total	63 570	69 732	130 084	27 040	18 512	114 478
Rapport bénéfice/coût	1.01	1.11	1.38	1.35	0.92	5.72

TAB. 4

BURKINA FASO : ANALYSE DES COUTS ET BENEFICES DE L'UTILISATION DES ENGRAIS SUR CEREALES

Prix référence 1994 avec subvention Kodjari PR : 40 FCFA/kg NPK complex : 95 F/kg Mil : 50 F/kg Sorgho : 40 F/kg Maïs : 35 F/kg	Kodjari PR en fumure de fonds 100 P ₂ O ₅ /ha la 1 ^{re} année + apport annuel 23 P ₂ O ₅ /ha les années suivantes. Essai sur 4 ans de 1976 à 1980			Kodjari PR en fumure de fonds et effets résiduels des années suivantes		
	Mil	Sorgho	Maïs	4 ans : 1981-84 Mil	3 ans : 1981-83 Sorgho	9 ans : 1983-91 Maïs
Apport phosphate, kg/ha	700	700	700	480	480	560
Augmentation rendement, kg/ha/an	244	523	1 429	214	572	489
Total des augm. rend., kg/ha	976	2 092	5 716	856	1 717	4 401
Rendement/kg phosphate	1.39	2.98	8.16	1.78	3.57	7.85
Rendement/kg de P ₂ O ₅	5.77	12.37	33.82	1.17	14.30	31.43
Coût total FCFA	28 000	28 000	28 000	19 200	19 200	22 400
Bénéfice total FCFA	48 800	83 680	200 060	42 800	68 680	154 035
Rapport bénéfice/coût	1.74	2.98	7.14	2.22	3.57	6.87
Prix de référence 1995 après dévaluation du FCFA et sans subvention						
Coût total	35 000	35 000	35 000	24 000	24 000	28 000
Bénéfice total	63 440	108 784	260 078	55 640	89 284	200 245
Rapport bénéfice/coût	1.81	3.10	7.43	2.31	3.72	7.15

*

jachères, améliorer en même temps la qualité de la biomasse (légumineuses), et dans l'Ouest du pays pour les mêmes raisons, où les conditions pédoclimatiques sont plus favorables pour son efficacité.

. Comme matière première pour une unité de fabrication d'engrais complexes, à partir des phosphates de Kodjari partiellement solubilisés, qui ont montré leur efficacité immédiate, équivalente à 85 % du TSP. Cette deuxième perspective devrait être envisagée dans un cadre commercial, avec des partenaires privés, elle a l'avantage de sécuriser la première utilisation, de diminuer son coût, et de contribuer sur le plan général, à l'augmentation de l'utilisation des engrais.

Un éventuel Projet PRI, sur financement public, concernerait donc le phosphate brut broyé, utilisé dans un but d'intérêt général, il impliquerait :

. Une définition des thèmes prioritaires et des zones d'intervention : lutte contre la désertification, amélioration des fourrages des parcours naturels, raccourcissement des jachères, augmentation de la survie et de la croissance des plantules de reboisement, amélioration foncière des sols cultivés pour mieux valoriser les engrais solubles importés et les amendements organiques...

. L'achat d'une quantité significative de phosphate naturel, de l'ordre de **3.000 T** soit **381.000 \$ US**, à distribuer par les services agricoles, les ONG, les Groupements villageois, les Projets de Développement...

. L'affectation de deux chercheurs ($100.000 \$ \times 2 = 200.000 \$$) pour la gestion du projet et la mesure des effets directs et induits qui manquent actuellement, en coopération avec les équipes locales, il faudrait prévoir des frais de fonctionnement de l'ordre de **200.000 \$**.

Au total un financement de l'ordre de 800.000 \$/an pourrait être opérationnel rapidement et permettrait de démontrer la validité de la démarche et de mobiliser d'autres bailleurs de fonds.

3. MADAGASCAR

En 1994, la consommation des engrais s'élevait à 13.015 T soit 6.359 T d'unités fertilisantes pour 1.798.698 ha de surface cultivée, soit **3,5 U.F./ha**. L'exportation minérale des cultures a été de 205.487 T d'U.F.. Le taux de restitution étant donc de **3 %**, la situation est encore plus préoccupante qu'au Burkina Faso. Ce qui accentue encore les déséquilibres, c'est que **54 %** des engrais consommés sont apportés sur des cultures industrielles (canne à sucre et coton), représentant **3,5 %** des surfaces cultivées. Il est urgent de reconstituer les réserves des sols.

3.1. Ressources en phosphate naturel

Madagascar possède peu de ressources en phosphates naturels, des campagnes de prospection sur la Grande Ile n'ont pas donné de résultats positifs. Sur la centaine d'îles au large des côtes, une dizaine ont révélé des indices de présence de phosphate, parmi celles-ci quatre du groupe des îles Barren : Andrano, Androtra, Lava, Maroantaly. Les réserves sont estimées à 500.000 T de

minéral brut, avec des teneurs en P_2O_5 très variables et généralement faible (10 %). Ce sont des phosphates de type guano, provenant des dépôts d'excréments d'oiseaux de mer ; imprégnés sur le soubassement corallien, ils sont donc peu remaniés, tendres et relativement solubles. La solubilité formique avoisine les 80 %, dépassant de loin les meilleurs phosphates dans le monde pour l'application directe comme le Nord Caroline (USA), Djebel Onk (Algérie), Gafsa (Tunisie). De plus l'exogangue renferme des quantités importantes d'aragonite, calcite ($CaCO_3$), calcite magnésienne, gypse ($CaSO_4$), ce qui constitue un bon amendement pour les sols acides désaturés.

Cependant ces îles sont fragiles, de formation récente, de faible dimension (1 km^2), de faible altitude (10-15 m) ; une exploitation éventuelle devrait être ménagée pour conserver l'île, réfléchi dans un contexte global de protection de la nature et d'économie nationale bien comprise. A priori nous sommes très réservés, mais plusieurs facteurs militent pour une exploitation ménagée :

- Madagascar manque de ressources en matières fertilisantes et les phosphates des îles Barren sont excellents pour une utilisation directe, et sans doute les seuls disponibles.
- Une exploitation ménagée est possible, concentrée sur une île (Andrano), limitée à une petite partie de l'île (30 % de la surface), avec restitution des tonnages sortis, par de la terre venant de la Grande Ile.
- Une décision rapide s'impose pour arrêter les tentatives d'extraction sauvage qui risquent de ruiner les espoirs d'une exploitation rationnelle, durable, respectueuse de l'environnement.
- L'existence d'un projet et une présence sur place, permettraient de mobiliser les bonnes volontés, pour jeter les bases d'un développement socio-économique, étudier l'écologie des îles.
- Allons jusqu'au bout des risques : la disparition d'Andrano (ce qui est peu probable à cause des parties de soubassement endurci) entraînerait un impact psychologique important et une mauvaise conscience des protecteurs de la nature, surtout étrangers, mais n'a pas de conséquences graves sur l'écologie, la faune, la flore, car il y a une centaine d'îles similaires le long des côtes.

Le souci de protéger la nature ne devrait pas rester sur le plan des principes, mais devrait être confronté avec les réalités, dans un contexte précis, pour évaluer les conséquences réelles, les capacités de mettre en œuvre les idées. Le débat reste ouvert mais il faut aller vite et trancher, car l'immobilisme laisse le champ libre aux intérêts très privés qui risquent de rendre sans objet les discussions sur l'environnement.

3.2. Projet d'exploitation d'Andrano

Les réserves à Andrano sont estimées à 323.000 T avec une teneur moyenne de 12 % en P_2O_5 . Pour des raisons écologiques et économiques, il serait raisonnable de prévoir une extraction de l'ordre de 140.000 T à la coupure de 20 % de P_2O_5 , sur 12 ans, à raison de 12.000 T/an. Ce qui permet de sauvegarder l'île, de couvrir la consommation de Madagascar pendant 12 ans (au niveau actuel), d'amortir les investissements sur une longue période.

- . Extraction semi-manuelle avec sélection optique
- . Transport vers Morondava par “beacher” de 250 T (Fig. 2)
- . Transport vers Andrano, de la terre en frêt retour
- . Transport par camion des phosphates à Antsirabe
- . Broyage et ensachage à l’usine de la SOMADEx

Le prix départ usine à Antsirabe est estimé à 102 \$/T soit 0,51 \$/P₂O₅ contre 418 \$/T et 0,92 \$/P₂O₅ respectivement pour le TSP, soit une économie de 44 % (tableaux 5 et 6).

Le coût du remblaiement à Andrano représente une surcharge de 2 %.

3.3. Efficacité agronomique

Les essais sur les sols des Hauts Plateaux de Madagascar ont montré que l’efficacité du phosphate naturel est toujours équivalente au TSP, et parfois supérieure au TSP dès la première année d’apport, grâce à l’interaction entre l’acidité et l’humidité des sols d’une part, et à la réactivité des phosphates et les effets amendements d’autre part. Pour ces raisons, les homologues Malgaches, à tous les niveaux, souhaitent réserver les phosphates des îles Barren pour les Hauts Plateaux et en particulier pour les cultures vivrières, car la priorité actuelle est la sécurité alimentaire.

Une analyse des coûts et bénéfices (tableau 7) montre que le bilan est très positif pour les cultures vivrières sur les Hauts Plateaux.

On pourrait envisager son utilisation dans d’autres zones pour des raisons spécifiques (Fig. 3):

zone 1 et 2, Ouest et Moyen-Ouest, sur la route entre Morondava et Antsirabe, avec un coût encore plus faible, sur des cultures industrielles et vivrières, canne à sucre, arachide, coton, maïs.

Zone 4, dans les projets de reboisement de l’escarpement de l’Est, pour la survie des jeunes plantes et la stabilité des pentes.

Un projet PRI à Madagascar devrait fixer les thèmes prioritaires et les zones d’intervention, s’engager sur l’achat de l’ordre de 5.000 T de phosphate (500.000 \$ US) pour sécuriser les entreprises qui vont investir sur l’extraction, le transport, le conditionnement des phosphates.

Un budget de l’ordre de 1 million de dollars/an est à prévoir pour mener à bien un tel projet.

TAB. 5

COUT D'EXTRACTION DU PHOSPHATE NATUREL AUX ILES BARREN

Hypothèse de production : $80 \text{ T/J} \times 150 \text{ j} = 12\,000 \text{ T/an}$

1. INVESTISSEMENTS EN K FMG 1994

Equipements d'extraction	425.535
Bâtiments	431.400
Embarquement	240.000
Déchargement	10.000
Beachage	60.125
Matériels de secours	280.000

TOTAL	1.447.050
-------	-----------

Amortissement en 10 ans	144.705
-------------------------	---------

Coût FMG/T	12.058
------------	--------

2. FONCTIONNEMENT EN K FMG/AN

Matières consommables	122.711
Personnel	8.291
Autres coûts, assurance	110.238

TOTAL	241.240
-------	---------

Coût FMG/T	20.103
------------	--------

3. DROITS MINIERS

5% de la valeur (32.161 F)	1.608
Délivrance 250.000 F/12.000 T	20

Coût FMG/T	1.628
------------	-------

4. PRIX FOB AUX ILES BARREN EN FMG/T	33.789
--------------------------------------	--------

soit 11 \$ US/T (1 \$ = 3.067 F MG en 1994)

TAB. 6 PRIX DE REVIENT DU PHOSPHATE NATUREL en FMG/T en 1994

Analyses de sensibilité pour 3 hypothèses de production

Répartition des coûts	12.000 T/an	5.000 T/an	1.000 T/an
Investissement	12.058	28.941	144.705
Fonctionnement	20.103	20.103	20.103
Droits miniers	1.628	2.472	8.260
PRIX FOB - BARREN	33.789	51.516	173.068
Transports à Morondava	24.120	24.120	24.120
PRIX A MORONDAVA	57.909	75.636	197.188
Transport à Antsirabe	138.908	138.908	138.908
PRIX A ANTIRABE	196.817	214.544	336.096
Broyage-ensachage	119.060	119.060	119.060
PRIX DEPART USINE	315.877	333.604	455.156
ANTSIRABE			
en \$ US (1 \$ = 3.067 FMG)	102	108	148
en \$ US/kg de P ₂ O ₅	0.51	0.54	0.74
Prix incluant le remblaiement à Barren	+ 6.731 322.608	+ 6731 340.335	+6.731 461.887
Prix déduisant l'équivalent en CaCO ₃ (900 kg/T)	- 155.295 160.582	-155.295 178.309	-155.295 299.861
Prix tenant compte du remblaiement et de l'équivalent en CaCO ₃	167.313	185.040	306.592

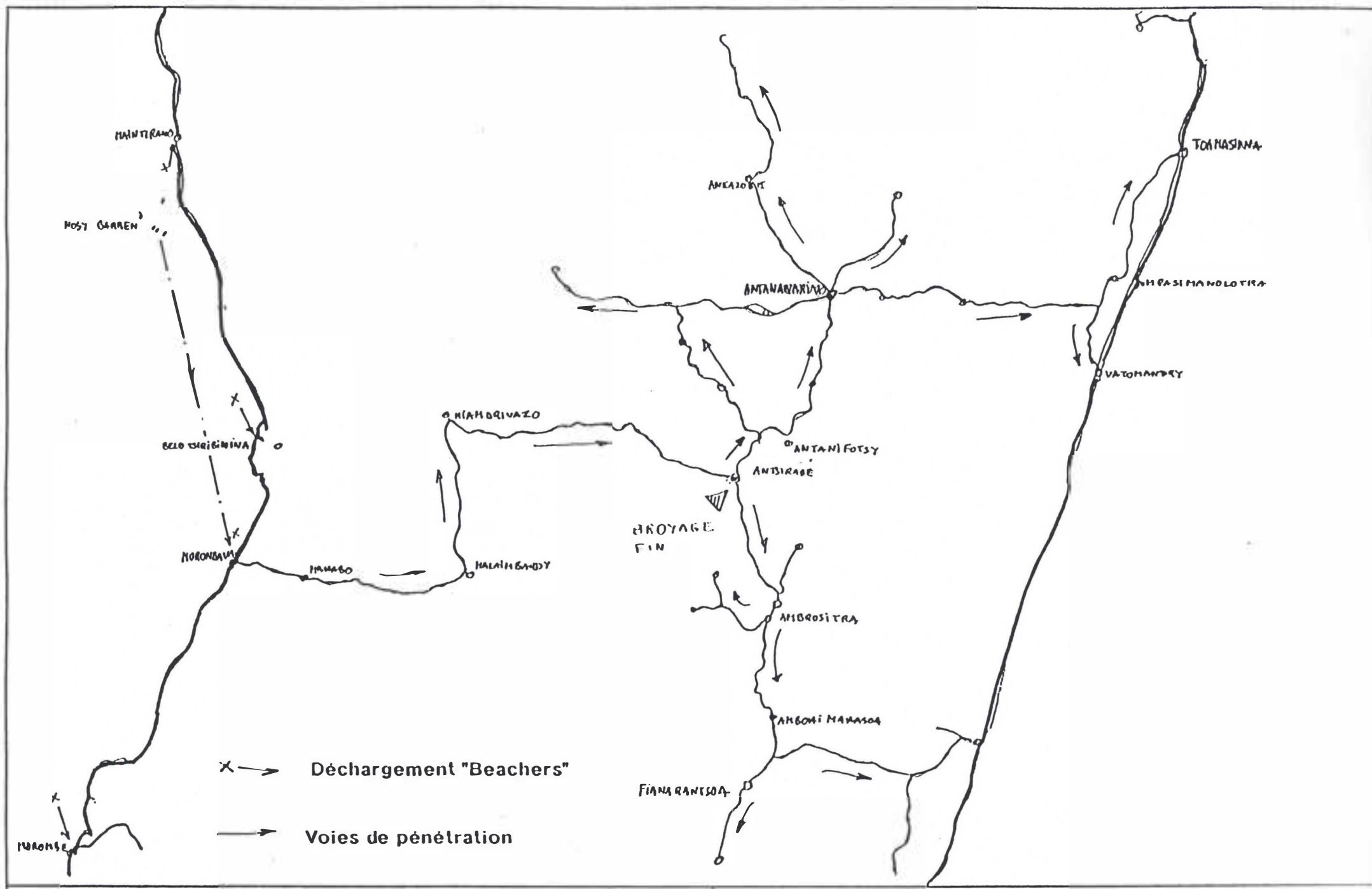


FIG. 2 Transport des phosphates à Madagascar

ZONAGE DU PROJET PN



TAB. 7

MADAGASCAR : ANALYSE DES COUTS ET BENEFICES DE L'UTILISATION DES ENGRAIS SUR LES HAUTS PLATEAUX (Antsirabe)

PRIX DE REFERENCE 1994 : Maïs: 540 F/Kg Riz : 500 F/Kg P. De Terre : 700 F/Kg Barren PR : 315 F/Kg	FUMURE DE FONDS AVEC PHOSPHATE NATUREL		
	MAIS ESSAI DE 8 ANS	RIZ ESSAI DE 9 ANS	P. DE TERRE ESSAI DE 10 ANS
Apport en kg de P ₂ O ₅ /ha	400	300	200
Equivalent en Barren PR, kg/ha	2.000	1.500	1.000
Augmentation de rendement, kg/ha/an	3.125	557	1.914
Total des augmentations de rendement, kg/ha	25.000	5.020	19.144
Rendement/kg de phosphate	12.5	3.3	19.1
Rendement/kg de P ₂ O ₅	62.5	16.7	95.7
Coût total FMG	631.754	473.815	315.877
Bénéfice total FMG	13.500.000	2.510.000	13.400.800
Rapport bénéfice/coût	21.3	5.2	42.4

4. ZIMBABWE

La consommation d'engrais en 1994 a été de 330.000 T soit 148.000 T d'unités fertilisantes pour 2.342.000 ha de surface cultivée, ce qui donne une moyenne de **63 U.F./ha**. L'exportation minérale des cultures s'élevait à 275.994 T d'U.F., soit un taux de restitution de **54 %** par la fertilisation.

Cette situation est relativement satisfaisante, en comparaison avec la moyenne en Afrique et surtout avec le Burkina Faso et Madagascar que nous venons de voir, cependant elle masque deux réalités très contrastées dans le pays (tableau 8), entre un secteur commercial riche, avec une consommation importante d'engrais, des rendements élevés et peu de sols dégradés, et un secteur communautaire pas très loin de la moyenne en Afrique, avec des problèmes similaires de dégradation des sols et des rendements très faibles. C'est donc sur ce secteur défavorisé qu'il faudrait concentrer les efforts.

4.1. Ressources en phosphate naturel

Les gisements ont été découverts dans la vallée du Sabi à 260 km au sud-est de Harare, trois présentent un intérêt économique : Dorowa, Shawa, Chishanya, totalisant 140 millions de tonnes de réserves à 6,5 % de P_2O_5 .

Seul Dorowa est exploité depuis 1965, en moyenne 1.283.000 T/an de minerai, produisant 139.000 T/an de concentré à 35,2 % de P_2O_5 , sur une capacité installée de 240.000 T/an. Dorowa peut donc produire plus s'il y a une demande.

Ces phosphates sont de type magmatique, très dur, peu réactif, la solubilité formique est de 11 %, ce qui exclut toute utilisation directe en agriculture. Ils sont transportés par camion et rail jusqu'à Msasa, près de Harare, au sein du complexe industriel de ZIMPHOS, pour être transformés en engrais solubles : Supersimple (SSP), Supertriple (TSP), Monocalcique (MCP).

	SSP	TSP	MCP
Production moyenne T/an	147.000	36.700	3.880
Capacité installée T/an	275.000	70.000	6.000

A ce niveau aussi il y a des possibilités pour produire plus s'il y a une demande solvable.

On pourrait envisager la fabrication de phosphates partiellement solubilisés à 25 %, 50 %... pour améliorer la solubilité tout en maintenant le coût à un niveau acceptable, en particulier pour les agriculteurs du secteur communautaire.

Type d'attaque	PARP à 25 % Sulfurique à 25 %	PARP à 50 % Sulfurique à 50 %
P_2O_5 total	29 %	25 %
CaO	42 %	36 %
S	3,8 %	6,5 %

TAB. 8 - Comparaison des situations dans les secteurs commerciaux et communautaires

SITUATIONS	Commercial	Communautaire	Autres
Superficie total en millions d'ha en %	13.5 36	16.3 42	9.2 32
Surface cultivée en 1000 ha	1080	1262	
Sol dégradé en 1000 ha en %	134 16	690 82	17 2
Consommat. d'engrais en 1000 T en %	365 72.7	123 24.5	13 2.6
Rendement moyen du maïs	4 T/ha	0.7 T/ha	

Comparaison des coûts des engrais phosphatés

Coûts départ usine de Msasa, près de Harare, en \$ US

	P ₂ O ₅	T de produit	T de P ₂ O ₅
SSP	19	74.99	394.66
DSP	37	157.56	425.84
TSP	45	185.30	411.78
PAPR 50 %	25	71.91	287.66
PAPR 25 %	29	68.88	237.53
DPR	35	40.00	114.28

4.2. Efficacité agronomique

Les essais ont été réalisés dans les trois premières régions naturelles (figure 4) plus humides que le reste du pays, sur maïs essentiellement avec le phosphate brut de Dorowa (DPR), les deux phosphates partiellement solubilisés (PAPR 25 % et PAPR 50 %), comparés à des phosphates solubles TSP ou DSP qui est un mélange de supersimple et de supertriple.

Les résultats sont difficilement exploitables, d'une part les différences entre traitements sont rarement significatives, ce qui laisse supposer que les sols ne sont pas carencés en phosphore ou qu'il existe un autre facteur limitant non identifié, et d'autre part quand les différences sont significatives elles ne sont pas concordantes. Les conclusions et les calculs économiques devraient être considérés avec la plus grande réserve.

Les coefficients d'efficacité agronomique par rapport au TSP sont de 29 % pour le DPR et de 59 % pour le PAPR 50, ce qui est faible.

L'analyse des coûts et bénéfices (tableau 9) laisse apparaître une position favorable du DPR, cela est dû essentiellement au prix très bas du phosphate brut local et aux différences peu significatives entre traitements.

4.3. Proposition d'utilisation

Les caractéristiques du phosphate local ne permettent pas d'envisager son utilisation en application directe, même après broyage fin. Aussi celui-ci doit-il être amélioré par une attaque partielle entre 40 et 50 % ; par un mélange d'acides sulfurique et phosphorique qui pourrait donner de meilleurs résultats qu'avec l'acide sulfurique seul.

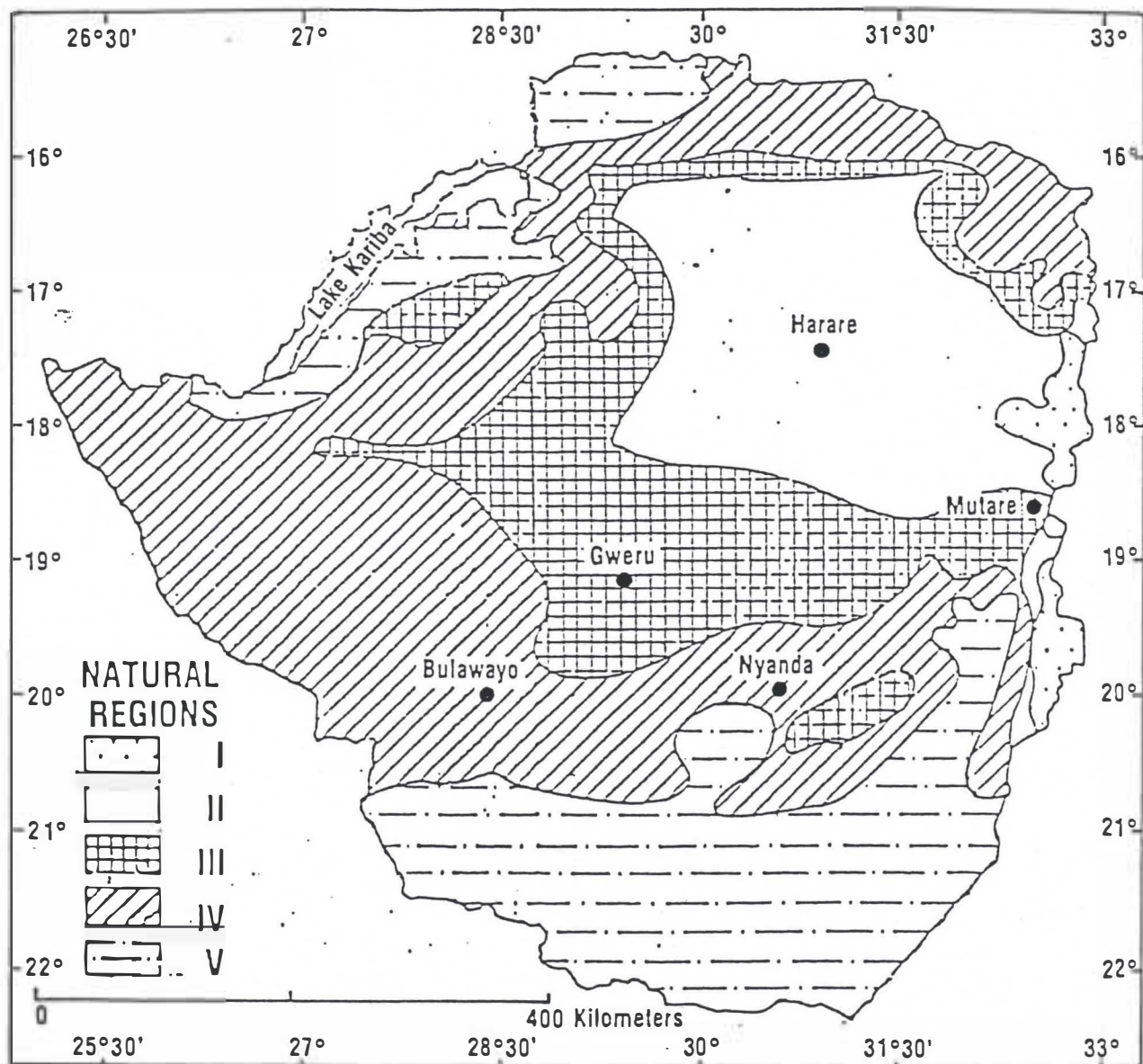
Les différentes matières premières ainsi que les ateliers de fabrication sont entre les mains de sociétés appartenant au groupe CHEMPLEX. Il nous paraît nécessaire d'intégrer cette nouvelle approche dans le groupe, car il ne serait pas raisonnable d'envisager la construction d'un atelier neuf, donc coûteux, alors que les capacités existantes ne sont pas saturées.

De plus, le marché ciblé par les nouveaux produits concernent le secteur communautaire, sur les sols dégradés (marché non solvable), ils ne seraient pas directement concurrents des productions conventionnelles du groupe.

Au cours de la visite des installations de ZIMPHOS, nous avons pu constater qu'elles pouvaient être aisément transformables pour la fabrication des PAPR. Deux voies pourraient alors être explorées :

- . Intégration de nouveaux produits dans la gamme existante du groupe,
- . Travail de production à façon, par location des ateliers.

Il y a une demande forte de groupements, syndicats, des agriculteurs du secteur communautaire, pour des produits moins solubles et moins chers.



Natural Regions in Zimbabwe.

TAB. 9 ZIMBABWE : ANALYSE DES COUTS ET BENEFICES DE L'UTILISATION DES ENGRAIS SUR MAIS (Moyenne de 5 sites)

PRIX DE REFERENCE 1995 : 1 \$ US = 8.5 \$ Z Maïs = 900 \$ Z/T DPR = 316 \$ Z/T 25 % PAPR = 585 \$ Z/T 50 % PAPR = 611 \$ Z/T DSP = 1339 \$ Z/T	PHOSPHATAGE DE FONDS POUR 4 ANS			
	Dorowa PR 35 % P ₂ O ₅	25 % PAPR 29 % P ₂ O ₅	50 % PAPR 25 % P ₂ O ₅	DSP 37 % P ₂ O ₅
Apport en kg de P ₂ O ₅ /ha	160	160	160	160
Equivalent en phosphate kg/ha	457	552	640	432
Augmentation de rendement, kg/ha/an	1.017	1.210	1.515	2.365
Total des augmentations de rendement, kg/ha	4.070	4.840	6.060	9.460
Rendement/kg de phosphate	8.9	8.7	9.4	21.8
Rendement/kg de P ₂ O ₅	25.4	30.2	37.8	59.1
Coût total en \$ Z	144.7	323.1	391.1	578.5
Rapport bénéfice total en \$Z	3.663	4.356	5.454	8.514
Bénéfice/coût	25.3	13.4	13.9	14.7



5. CONCLUSION

Les trois cas d'étude représentent une gamme de situations très différentes, en ce sens, ils permettent d'aborder les problèmes sur un plan plus général et peut être de mieux discerner les priorités.

Les déséquilibres entre les exportations minérales des cultures et les restitutions en éléments fertilisants s'aggravent avec le temps et constituent un facteur tangible d'appauvrissement des sols.

L'utilisation des phosphates naturels n'est qu'un des aspects de cette restitution, mais faute de mieux et surtout en l'absence d'autres mesures efficaces, elle est utile, accessible sur le plan technique et économique. Il ne faut pas considérer les phosphates naturels comme des engrais, c'est l'erreur de nombreux projets, car il faudrait alors soutenir la concurrence avec les véritables engrais, sur le plan des prix, de solubilité immédiate, de présentation attrayante, d'équilibre NPK... même si dans certains cas ils sont aussi efficaces et moins chers. Il faut insister pour leur promotion sur l'effet amendement qu'ils apportent aux sols.

Dans l'éventualité de la réalisation de projets PRI, il faudrait donc choisir les phosphates les plus réactifs, en ce sens Madagascar est un bon exemple, mais il y a aussi le Mali, le Niger, la Tanzanie ou proposer des produits légèrement transformés comme les attaques partielles, les broyages fins. Les fines de Taiba (Sénégal) et de Hahotoe (Togo) méritent une attention particulière, parce qu'elles sont disponibles et presque gratuites.

Les zones à fertiliser dépendent des priorités des pays concernés et des bailleurs de fonds mais il faudrait aussi prendre en considération les facteurs objectifs comme la logistique, les caractéristiques pédoclimatiques, l'existence des structures relais pour la distribution, la mesure des effets. Un projet de l'ordre de 5.000 T/an, est un bon compromis entre une échelle représentative (500 kg/ha, pour 5 ans, soit 10.000 ha), une gestion efficace pour la distribution et la mesure des effets directs et induits, et un financement raisonnable de l'ordre de 1 million de dollars.

Certes cette étude n'a pas pu donner des indications précises, sur les effets de l'utilisation des phosphates naturels sur l'environnement, parce qu'il n'y a pas de données directes et fiables. C'est une raison de plus pour les prévoir dans les nouveaux projets.

Résumé

	Burkina	Madagascar	Zimbabwe
Consommation d'engrais :			
UR/ha cultivé	5.6	3.5	63
% restitution par la fertilisation	9.3	3.0	54
Ressources en phosphate naturel			
Réserves exploitables	12 millions T	140.000 T	25 millions T
Teneur en P ₂ O ₅ total %	27	20	35
Solubilité formique %	48	78	11
Exploitation actuelle en T/an	700	<1	139.000
Efficacité agronomique			
Effet direct en % du TSP	48	100	29
Effet résiduel en % du TSP	100	100	36
Prix du P ₂ O ₅ en % du TSP	55	55	28
Projet PRI éventuel			
Achat de phosphate/an	3.000 T	5.000 T	5.000 T PAPR
Apport/ha	400 kg/4 ans	500 kg/5 ans	500 gk/5 ans
Zone prioritaire	Plateau Mossi	Hts Plat.	Sect. Communaut.